



<b>1</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>3</b>
4.1	Calcestruzzo.....	3
4.2	Acciaio per cemento armato .....	3
<b>5</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b> .....	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>GEOMETRIA DEL MURO</b> .....	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>CARICHI</b> .....	<b>5</b>
7.1	Sovraccarichi accidentali.....	5
7.2	Sisma .....	5
<b>8</b>	<b>CRITERI PER LA VERIFICA DEI MURI</b> .....	<b>6</b>
8.1	Verifica di ribaltamento.....	6
8.2	Verifica di scorrimento .....	6
8.3	Verifica di capacità portante .....	7
8.4	Verifica strutturale SLU.....	7
8.5	Verifica strutturale SLE .....	7
<b>9</b>	<b>VERIFICHE</b> .....	<b>8</b>

## **1 GENERALITA'**

La presente relazione riguarda la progettazione strutturale a livello definitivo dei muri di sostegno relativi ai ponticelli **T061**, **T079** e **T091** nell'ambito dei lavori inerenti l'ampliamento alla terza corsia del tratto autostradale A13 compreso tra Bologna Arcoveggio e Ferrara sud.

Più precisamente la presente relazione riporta i calcoli e le verifiche del muro di sostegno relativo al ponticello **T079**, essendo quello con il paramento verticale di maggior altezza (e quindi soggetto ad una maggior spinta).

L'opera ricade in zona sismica, ragion per cui sono applicate le azioni previste dalla norma, così come riportato nei capitoli successivi.

Il dimensionamento delle opere è il risultato dello studio effettuato su una struttura piana che descrive una striscia larga 1,00 m.

## **2 NORMATIVA E RIFERIMENTI**

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

I carichi, i coefficienti moltiplicativi e le combinazioni di carico sono state desunte da quanto previsto nel D.M. 14 gennaio 2008 (*"Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"*) e dalla relativa circolare n° 617 del 2 febbraio 2009 (*"Istruzioni per l'applicazione delle <<Nuove norme tecniche per le costruzioni >> di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"*).

## **3 PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI**

- Muro versione 2.3 – sviluppato dal' Ing. Piero Gelfi
- VCA\_SLU 7.5 – sviluppato dal' Ing. Piero Gelfi
- Excel

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei materiali sotto elencati.

### 4.1 Calcestruzzo

Per la realizzazione dei muri di sostegno si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe **Rck  $\geq 40 \text{ N/mm}^2$**  che presenta le seguenti caratteristiche:

$R_{ck}$	=	40.00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	=	32.00 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	=	1.50
$f_{cd}$	=	18.13 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_{cls}$	=	25.00 kN/m <sup>3</sup>

### 4.2 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

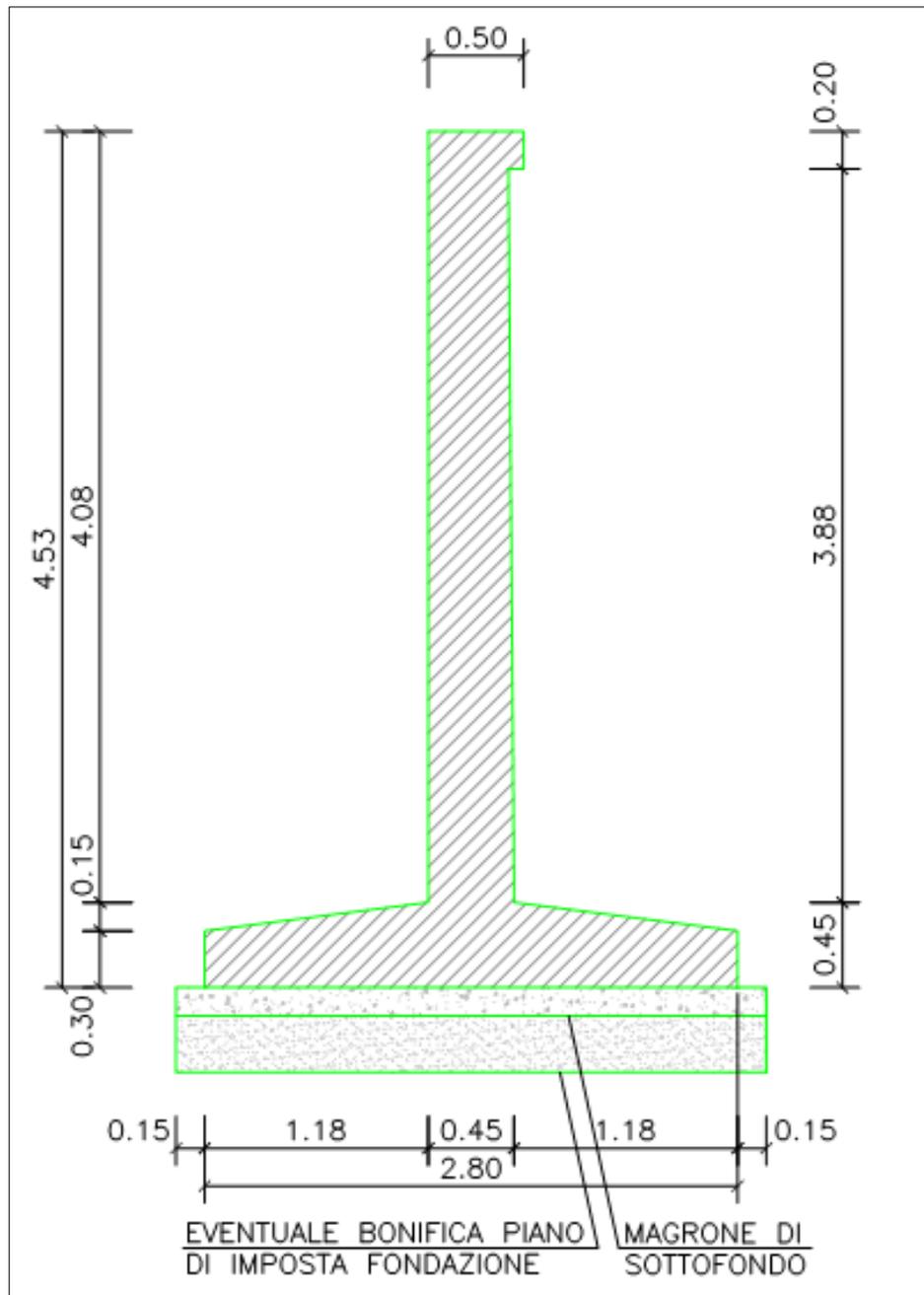
$f_{yk}$	=	450.00 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	=	1.15
$f_{yd}$	=	391.30 N/mm <sup>2</sup>
n coeff. di omogen. acciaio-cls	=	15

## 5 PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno ai fini del calcolo delle strutture sono elencate di seguito:

Peso di volume naturale del terreno:	$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3;$
Angolo di resistenza al taglio:	$\phi = 35^\circ$
Angolo di attrito terreno-parete:	$\phi = 23.33^\circ$
Angolo di attrito terreno-fondazione:	$\phi = 35^\circ$

## 6 GEOMETRIA DEL MURO



## **7 CARICHI**

### **7.1 Sovraccarichi accidentali**

Sovraccarico a monte del muro:

- Carico dovuto ad eventuali mezzi di manutenzione: 5 kPa;
- Carico in corrispondenza della sede stradale: 20 kPa;

Sovraccarico a valle del muro: 0 kPa

### **7.2 Sisma**

Accelerazione orizzontale massima:	0.22g
Fattore $F_0$ :	2.5
Categoria di sottosuolo:	D
Fattore del Suolo S:	1.575
Categoria topografica:	T1

## 8 CRITERI PER LA VERIFICA DEI MURI

In accordo con le NTC 2008 sono state condotte le seguenti verifiche sui muri di sostegno.

### 8.1 Verifica di ribaltamento

Viene eseguita la verifica secondo le seguenti ipotesi:

Approccio 1 Combinazione 2– Stato Limite SLU: EQU (EQU+M2+R2)

con

- EQU<sup>(\*)</sup> =
  - 0.9 – Peso proprio del muro
  - 1.1 – Spinta della terra e falda
  - 1.5 – Sovraccarichi a monte del muro
- M2 = 1.25
- R2 = 1.0

Si verifica che il momento ribaltante del muro  $M_{d,r}$  sia minore del momento stabilizzante  $M_{s,r}$ , abbattuto del coeff  $\gamma_R=1.0$

(\*) In condizioni sismiche tali coefficienti assumono valore unitario.

### 8.2 Verifica di scorrimento

Viene eseguita la verifica secondo le seguenti ipotesi:

Approccio 2 – Stato Limite SLU: GEO(A1+M1+R3)

con

- A1<sup>(\*)</sup> =
  - 1 – Peso proprio del muro
  - 1.3 – Spinta della terra e falda
  - 1.5 – Sovraccarichi a monte del muro
- M1 = 1.0
- R3 = 1.1

(\*) In condizioni sismiche tali coefficienti assumono valore unitario.

Si verifica che l'azione orizzontale di calcolo all'imposta della fondazione del muro  $H_d$  sia minore della resistenza allo scorrimento  $R_{d,r}$ , abbattuta del coeff  $\gamma_R=1.1$ :

$$H_d < R_{d,r} / \gamma_R$$

La resistenza allo scorrimento viene definita dalla seguente espressione:

$$R_d = N_d \tan \delta_d$$

con:

$N_d$  = azione assiale da calcolo del muro

$\delta_d$  = angolo di attrito terreno - fondazione di calcolo

### 8.3 Verifica di capacità portante

Viene eseguita la verifica secondo le seguenti ipotesi:

Approccio 2 – Stato Limite SLU: GEO(A1+M1+R3)

con

- $A1^{(*)} =$ 
  - 1.3 – Peso proprio del muro
  - 1.3 – Spinta della terra e falda
  - 1.5 – Sovraccarichi a monte del muro
- $M1 = 1.0$
- $R3 = 1.4$

(\*) In condizioni sismiche tali coefficienti assumono valore unitario.

Si verifica che la pressione media  $q_d$  sia minore della resistenza limite del terreno  $q_{lim}$ , abbattuta del coeff  $\gamma_R=1.4$ :

$$q_d < q_{lim} / \gamma_R$$

Per il calcolo della capacità portante limite del terreno si fa riferimento ai metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite proposti da Brinch-Hansen (1970).

### 8.4 Verifica strutturale SLU

Viene eseguita la verifica secondo le seguenti ipotesi:

Approccio 1 Combinazione 1– Stato Limite SLU: STR (A1+M1+R1)

con

- $A1^{(*)} =$ 
  - 1.3 – Peso proprio del muro
  - 1.3 – Spinta della terra e falda
  - 1.5 – Sovraccarichi a monte del muro
- $M1 = 1.0$
- $R1 = 1.0$

(\*) In condizioni sismiche tali coefficienti assumono valore unitario.

Si verifica che l'azione sollecitante  $E_d$  sia minore delle resistenza nei singoli elementi strutturali  $R_d$ .

### 8.5 Verifica strutturale SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione / stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

SLE - Rara)	$G_1 + G_2 + Q_{k1}$
SLE - Frequente)	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1}$ , con $\psi_{11}=0.7$
SLE - Quasi permanente)	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1}$ , con $\psi_{11}=0.6$

## 9 VERIFICHE

Di seguito si riportano le azioni di calcolo e le verifiche di stabilità e resistenza.

### SLU

**Muro/Spalla - Unità di misura [kN, m] - File: T079**

File Armature Impostazioni Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : T079

Altezza paraghiaia (m) h1  Angolo attrito interno  $\varphi^{\circ}$    
 Spessore paraghiaia (m) s1  Ang. attrito terra-muro  $\delta^{\circ}$    
 Inclinazione parete (%) i  Ang. attrito fondazione  $\varphi_f^{\circ}$    
 Altezza parete (m) h2  Peso spec. terre [kN/m3]  $\gamma_t$    
 Spessore in testa (m) s2  Peso spec. muro [kN/m3]  $\gamma_m$    
 Spessore alla base (m) s3  Dati Sisma  $K_v$    $K_h$    
 Altezza fondazione (m) h3  N° lati terreno   
 Sbalzo fond. contro terra L1   
 Larghezza totale fond. L2

**Impalcato**  
 $N_i$    $dN$    
 $V_i$   kN

**Zoom**

	Lungh.	Dislivello	q
Lato 1	2.1	0.5	5
Lato 2	10	0	20

**Parete**

$St$   kN  
 $Sq$   kN  
 $Ss$   kN  
 $Si$   kN  
 $M$   kNm  
 $N$   kN  
 $V$   kN

**Fondazione**

**Ribaltamento**  $St$     
 $Sq$    
 $Ss$    
 $Si$    
 $Mr$    
 $Ms$    
 $Ms/Mr$

**Scorrimento**  $St$     
 $Sq$    
 $Ss$    
 $Si$    
 $V$    
 $N$    
 $c.scor.$

**Schiacciamento**  $St$     
 $Sq$    
 $Ss$    
 $Si$    
 $M$    
 $N$    
 $V$

**Sbalzi Fondazione**  
 $M$  valle   
 $M$  monte   
 $\sigma$  t.valle  MPa  
 $\sigma$  t.monte   
 $\% comp.$

**Coefficienti parziali SLU**

	Verifica Parete	Verifica Fondazione		
		Ribalt.	Scorr.	Schiacc.
Angolo d'attrito interno $\gamma_{\varphi}$	1	1.25	1	1
Peso cuneo di spinta $\gamma_{GS}$	1.3	1.1	1.3	1.3
Peso zavorra $\gamma_{GZ}$	1.3	0.9	1	1.3
Peso proprio muro $\gamma_{GM}$	1.3	0.9	1	1.3
Sovraccarico $\gamma_Q$	1.5	1.5	1.5	1.5
Azione verticale impalcato $\gamma_{Ni}$	0	0	0	0
Azione orizzontale impalcato $\gamma_{Vi}$	0	0	0	0

Nelle condizioni più gravose (SISMA) si hanno i seguenti coefficienti di sicurezza:

- F.S. ribaltamento: **3**
- F.S. scorrimento: **1.31**
- F.S. capacità portante:
- 

### AZIONI AGENTI

$M_{\text{piano posa fondazione}}$

67.95

kNm/m

$V_{\text{piano posa fondazione}}$

117.9

kN/m

$N_{\text{piano posa fondazione}}$

229.1

kN/m

$B^*$	2.81 m
Pressione max sul terreno $\sigma_{t,max}$	0.133 MPa
Pressione min sul terreno $\sigma_{t,min}$	0.03 MPa

Larghezza ridotta fondazione $B'$	2.22 m
Pressione media sul terreno $q_d$	<b>0.1033</b> MPa

<u>Fattori di capacità portante</u>	
$N_{q-E}$	33.04
$N_{\gamma-E}$	44.88
$N_{c-E}$	45.89
<u>Fattori di forma</u>	
$S_q$	2.27
$S_\gamma$	0.33
$S_c$	2.31
<u>Fattori di inclinazione del carico</u>	
$i_q$	0.39
$i_\gamma$	0.19
$i_c$	0.37
<u>Fattori di inclinazione del piano di imposta</u>	
$b_q$	1.00
$b_\gamma$	1.00
$b_c$	1.00
<u>Fattori sismici (Paolucci e Peker)</u>	
$z_q$	0.99
$z_\gamma$	0.99
$z_c$	0.99
Capacità portante terreno fondazione $q_{lim}$	0.3246 MPa
$\gamma_R$	1.4
Capacità portante di progetto	<b>0.2319</b> MPa
<b>F.S.</b>	<b>2.24</b>

# SLE RARA

Muro/Spalla - Unità di misura [kN, m] - File: T079

File Armature Impostazioni Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: T079

Altezza paraghiaia (m) h1 0 Angolo attrito interno  $\varphi^o$  35  
 Spessore paraghiaia (m) s1 0 Ang. attrito terra-muro  $\delta^o$  23.33  
 Inclinazione parete (%) i 0 Ang. attrito fondazione  $\varphi_f^o$  35  
 Altezza parete (m) h2 4.08 Peso spec. terre [kN/m3]  $\gamma_t$  20  
 Spessore in testa (m) s2 0.45 Peso spec. muro [kN/m3]  $\gamma_m$  25  
 Spessore alla base (m) s3 0.45 Dati Sisma  $K_v$  0  $K_h$  0  
 Altezza fondazione (m) h3 0.45 N\* lati terreno 2  
 Sbalzo fond. contro terra L1 1.18  
 Larghezza totale fond. L2 2.8

Impalcato  
 $N_i$  0  $dN$  0  
 $V_i$  0 kN

Zoom

	Lungh.	Dislivello	q
Lato 1	2.1	0.5	5
Lato 2	10	0	20

Calcolo Visualizza

**Parete**

St 46.79 kN  
 Sq 11.12 kN  
 Ss 0 kN  
 Si 0 kN  
 M 74.10 kNm  
 N 68.83 kN  
 V 53.17 kN

**Fondazione**

Ribalamento Scorrimento Schiacciamento

St 60.93 St 60.93 St 60.93  
 Sq 19.23 Sq 19.23 Sq 19.23  
 Ss 0 Ss 0 Ss 0  
 Si 0 Si 0 Si 0

Sbalzi Fondazione  
 M valle 44.52  
 M monte 19.72

$\sigma_{t, valle}$  0.07629 MPa  
 $\sigma_{t, monte}$  0  
 % comp. 97.72

Verifiche statiche

Coefficienti parziali SLU

Verifiche STATICHE Verifiche SISMICHE

	Verifica Parete	Verifica Fondazione	
		Ribalt.	Scorr. Schiacc.
Angolo d'attrito interno $\gamma_\varphi$	1	1	1
Peso cuneo di spinta $\gamma_{GS}$	1	1	1
Peso zavorra $\gamma_{GZ}$	1	1	1
Peso proprio muro $\gamma_{GM}$	1	1	1
Sovraccarico $\gamma_Q$	1	1	1
Azione verticale impalcato $\gamma_{Ni}$	0	0	0
Azione orizzontale impalcato $\gamma_{Vi}$	0	0	0

# SLE FREQ

Muro/Spalla - Unità di misura [kN, m] - File: T079

File Armature Impostazioni Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: T079

Altezza paraghiaia (m) h1 0 Angolo attrito interno  $\varphi^o$  35  
 Spessore paraghiaia (m) s1 0 Ang. attrito terra-muro  $\delta^o$  23.33  
 Inclinazione parete (%) i 0 Ang. attrito fondazione  $\varphi_f^o$  35  
 Altezza parete (m) h2 4.08 Peso spec. terre [kN/m3]  $\gamma_t$  20  
 Spessore in testa (m) s2 0.45 Peso spec. muro [kN/m3]  $\gamma_m$  25  
 Spessore alla base (m) s3 0.45 Dati Sisma  $K_v$  0  $K_h$  0  
 Altezza fondazione (m) h3 0.45 N\* lati terreno 2  
 Sbalzo fond. contro terra L1 1.18  
 Larghezza totale fond. L2 2.8

Impalcato  
 $N_i$  0  $dN$  0  
 $V_i$  0 kN

Zoom

	Lungh.	Dislivello	q
Lato 1	2.1	0.5	5
Lato 2	10	0	20

Calcolo Visualizza

**Parete**

St 46.89 kN  
 Sq 7.698 kN  
 Ss 0 kN  
 Si 0 kN  
 M 68.12 kNm  
 N 67.52 kN  
 V 50.13 kN

**Fondazione**

Ribalamento Scorrimento Schiacciamento

St 60.99 St 60.99 St 60.99  
 Sq 13.42 Sq 13.42 Sq 13.42  
 Ss 0 Ss 0 Ss 0  
 Si 0 Si 0 Si 0

Sbalzi Fondazione  
 M valle 44.52  
 M monte 19.72

$\sigma_{t, valle}$  0.07629 MPa  
 $\sigma_{t, monte}$  0  
 % comp. 97.72

Verifiche statiche

Coefficienti parziali SLU

Verifiche STATICHE Verifiche SISMICHE

	Verifica Parete	Verifica Fondazione		
		Ribalt.	Scorr.	Schiacc.
Angolo d'attrito interno $\gamma_\varphi$	1	1	1	1
Peso cuneo di spinta $\gamma_{GS}$	1	1	1	1
Peso zavorra $\gamma_{GZ}$	1	1	1	1
Peso proprio muro $\gamma_{GM}$	1	1	1	1
Sovraccarico $\gamma_Q$	0.7	0.7	0.7	0.7
Azione verticale impalcato $\gamma_{Ni}$	0	0	0	0
Azione orizzontale impalcato $\gamma_{Vi}$	0	0	0	0

# SLE Q.P.

Muro/Spalla - Unità di misura [kN, m] - File: T079

File Armature Impostazioni Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : T079

Altezza paraghiaia (m) h1  Angolo attrito interno  $\varphi^{\circ}$   Impalcato  
 Spessore paraghiaia (m) s1  Ang. attrito terra-muro  $\delta^{\circ}$   Ni  dN   
 Inclinazione parete (%) i  Ang. attrito fondazione  $\varphi_f^{\circ}$   Vi  kN  
 Altezza parete (m) h2  Peso spec. terre [kN/m3]  $\gamma_t$   Zoom   
 Spessore in testa (m) s2  Peso spec. muro [kN/m3]  $\gamma_m$    
 Spessore alla base (m) s3  Dati Sisma  $K_v$    $K_h$    
 Altezza fondazione (m) h3  N° lati terreno   
 Sbalzo fond. contro terra L1   
 Larghezza totale fond. L2

Lato	Lungh.	Dislivello	q
Lato 1	2.1	0.5	5
Lato 2	10	0	20

**Parete**

St  kN  
 Sq  kN  
 Ss  kN  
 Si  kN  
 M  kNm  
 N  kN  
 V  kN

**Fondazione**

Ribaltamento	Scorrimento	Schiacciamento	Sbalzi Fondazione
St <input type="text" value="60.99"/> ?1	St <input type="text" value="60.99"/> ?1	St <input type="text" value="60.99"/> ?1	M valle <input type="text" value="44.52"/>
Sq <input type="text" value="11.50"/>	Sq <input type="text" value="11.50"/>	Sq <input type="text" value="11.50"/>	M monte <input type="text" value="19.72"/>
Ss <input type="text" value="0"/>	Ss <input type="text" value="0"/>	Ss <input type="text" value="0"/>	$\sigma_{t, valle}$ <input type="text" value="0.07629"/> MPa
Si <input type="text" value="0"/>	Si <input type="text" value="0"/>	Si <input type="text" value="0"/>	$\sigma_{t, monte}$ <input type="text" value="0"/>
Mr <input type="text" value="34.83"/>	V <input type="text" value="66.56"/>	M <input type="text" value="-6.080"/>	% comp. <input type="text" value="97.72"/>
Ms <input type="text" value="328.9"/>	N <input type="text" value="205.7"/>	N <input type="text" value="205.7"/>	<input type="button" value="Verifiche statiche"/>
Ms/Mr <input type="text" value="9.443"/>	c. scor. <input type="text" value="2.164"/>	V <input type="text" value="66.56"/>	

Coefficienti parziali SLU

	Verifiche STATICHE			
	Verifica Parete	Verifica Ribalt.	Verifica Scorr.	Verifica Schiacc.
Angolo d'attrito interno $\gamma_{\varphi}$	1	1	1	1
Peso cuneo di spinta $\gamma_{GS}$	1	1	1	1
Peso zavorra $\gamma_{GZ}$	1	1	1	1
Peso proprio muro $\gamma_{GM}$	1	1	1	1
Sovraccarico $\gamma_Q$	0.6	0.6	0.6	0.6
Azione verticale impalcato $\gamma_{Ni}$	0	0	0	0
Azione orizzontale impalcato $\gamma_{Vi}$	0	0	0	0

## VERIFICA PARETE VERTICALE

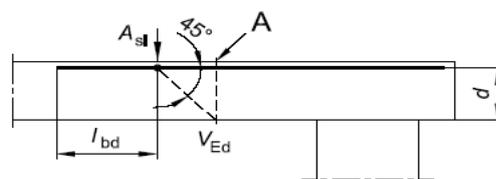
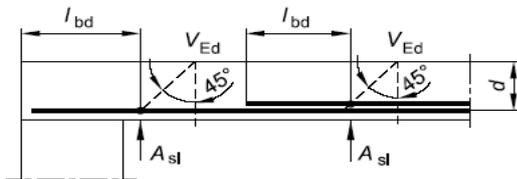
Si decide di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ16** a metro sul lato di monte e **5Φ12** a metro sul lato di valle:

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	400	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	16	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$		[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1005	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0	[-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>151.58</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>132.6</b>	<b>[kNm]</b>
DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	89.27	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		no	[-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.71	[-]
		1.71	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0025133	[-]
		0	[-]

figura 6.3 Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	0.00	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	176.64	[kN]
<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>176.64</b>	<b>[kN]</b>

La parete verticale non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	74.1	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	50	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	400	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1005	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	92.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1705013657	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>4.02</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>200.47</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	66.1	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	450	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	50	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	400	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1005	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	92.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1705013657	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>3.59</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>178.93</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Frequente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	68.1	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	450	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	400	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	1005	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	92.49	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1705013657	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>3.70</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>184.29</b>	<b>[MPa]</b>

## CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	400	[mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	1005	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	565	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>rif,max</sub>	240	[mm]

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>66.14</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	92.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	178.93	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	119.171353	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	119171.353	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.00844	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.000142	[-]
		0.000537	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5	[-]
	k <sub>3</sub>	3.4	[-]
	k <sub>4</sub>	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	458.43	[mm]
		458.43	[mm]

<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.2461</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.3</b>	<b>[mm]</b>

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,freq.</sub></b>	<b>68.12</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	92.49	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	184.29	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	119.171353	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	119171.353	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.00844	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	0.000168	[-]
		0.000553	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	16.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5	[-]
	k <sub>3</sub>	3.4	[-]
	k <sub>4</sub>	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	458.43	[mm]
		458.43	[mm]

<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.2535</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.3</b>	<b>[mm]</b>

## VERIFICA SUOLA A VALLE

SUOLA A VALLE (d=distanza sezione da filo parete)

d [m]	M [kNm]	V [kN]
0	63.36	108.3

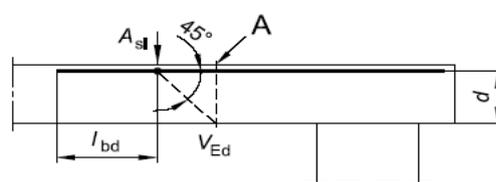
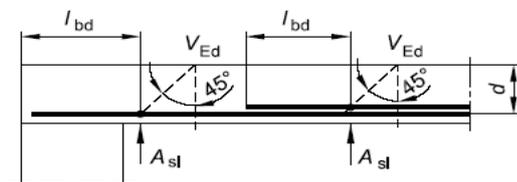
Si decide pertanto di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ14** a metro sul lato terra (intradosso) e **5Φ12** a metro sul lato estradosso:

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA		
SEZIONE TRASVERSALE		
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	450 [mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000 [mm]
Copriferro	d'	50 [mm]
Altezza utile della sezione	d	400 [mm]
ARMATURA TESA		
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	14 [mm]
Numero dei ferri correnti	$n_1$	5 [-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n_2$	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	770 [mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA		
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	12 [mm]
Numero dei ferri correnti	$n'_1$	5 [-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0 [mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	$n'_2$	0 [-]
Area dell'armatura compressa	$A'_s$	565 [mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	$M_{Rd}$	<b>117.30 [kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	$M_{Ed}$	<b>63.4 [kNm]</b>
DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE		
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO		
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	$V_{Ed}$	108.3 [kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		no [-]
Coefficiente $C_{Rd,c}$	$C_{Rd,c}$	0.12 [-]
Coefficiente k	k	1.71 [-]
		1.71 [-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di $l_{bd} + d$	$\rho_l$	0.0019242 [-]
		0 [-]

figura 6.3 Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	$V_{Rd,c}$	0.00 [kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	$V_{Rd,min}$	176.64 [kN]
<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>176.64 [kN]</b>

La soletta a valle non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	44.5	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	50	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	400	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	770	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	82.37	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1359973488	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.70</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>156.04</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	44.5	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	450	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	50	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	400	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	770	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	82.37	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1359973488	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.70</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>155.97</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Frequente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	44.5	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	450	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	400	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	770	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	82.37	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1359973488	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>2.70</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>155.97</b>	<b>[MPa]</b>

## CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	400	[mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	770	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	565	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>rif,max</sub>	235	[mm]

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>44.52</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	82.37	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	155.97	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	122.542779	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	122542.779	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.00628	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0.000219	[-]
		0.000468	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	14.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5	[-]
	k <sub>3</sub>	3.4	[-]
	k <sub>4</sub>	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	514.92	[mm]
		514.92	[mm]

**Ampiezza delle fessure** **w<sub>k</sub>** **0.2409** [mm]

**Ampiezza massima delle fessure** **w<sub>max</sub>** **0.3** [mm]

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,freq.</sub></b>	<b>44.52</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	82.37	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	155.97	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	122.542779	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	122542.779	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.00628	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0.000219	[-]
		0.000468	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	14.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5	[-]
	k <sub>3</sub>	3.4	[-]
	k <sub>4</sub>	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	514.92	[mm]
		514.92	[mm]

**Ampiezza delle fessure** **w<sub>k</sub>** **0.2409** [mm]

**Ampiezza massima delle fessure** **w<sub>max</sub>** **0.3** [mm]

## VERIFICA SUOLA A MONTE

SUOLA A MONTE (d=distanza sezione da filo parete)

d [m]	M [kNm]	V [kN]
0	49.37	51.95

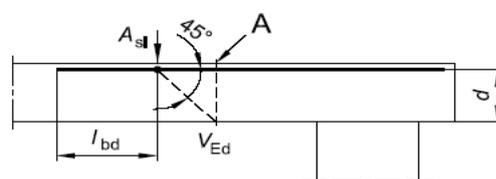
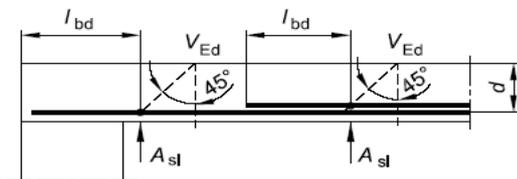
Si decide pertanto di utilizzare la seguente armatura a flessione: **5Φ12** a metro su entrambi lati:

DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA			
SEZIONE TRASVERSALE			
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	400	[mm]
ARMATURA TESA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi_1$	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n <sub>1</sub>	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi_2$		[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n <sub>2</sub>		[-]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	565	[mm <sup>2</sup> ]
ARMATURA COMPRESSA			
Diametro dei ferri correnti	$\phi'_1$	12	[mm]
Numero dei ferri correnti	n' <sub>1</sub>	5	[-]
Diametro dei ferri di eventuale infittimento	$\phi'_2$	0	[mm]
Numero dei ferri di eventuale infittimento	n' <sub>2</sub>	0	[-]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	565	[mm <sup>2</sup> ]
<b>Momento resistente della sezione</b>	<b>M<sub>Rd</sub></b>	<b>87.41</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Momento sollecitante a SLU assunto in valore assoluto</b>	<b>M<sub>Ed</sub></b>	<b>63.4</b>	<b>[kNm]</b>
DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE			
§ 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO			
Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo	V <sub>Ed</sub>	51.95	[kN]
Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo		no	[-]
Coefficiente C <sub>Rd,c</sub>	C <sub>Rd,c</sub>	0.12	[-]
Coefficiente k	k	1.71	[-]
		1.71	[-]
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di l <sub>bd</sub> + d	ρ <sub>t</sub>	0.0014137	[-]
		0	[-]

figura 6.3 Definizione di A<sub>sl</sub> nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso	V <sub>Rd,c</sub>	0.00	[kN]
Resistenza minima del calcestruzzo teso	V <sub>Rd,min</sub>	176.64	[kN]
<b>Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>176.64</b>	<b>[kN]</b>

La soletta a monte non necessita di un'opportuna armatura a taglio.

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Caratteristica</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	19.7	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$h$	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[mm]
Copriferro	$d'$	50	[mm]
Altezza utile della sezione	$d$	400	[mm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	72.04	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1041081171	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione caratteristica	$\sigma_{c,caratt.}$	19.2	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.36</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>93.18</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	19.7	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	450	[-]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	50	[-]
Altezza utile della sezione	$d'$	400	[-]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	72.04	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1041081171	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,q.p.}$	14.4	[MPa]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	$\sigma_s$	360	[MPa]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.36</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>93.18</b>	<b>[MPa]</b>

<b>DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS</b>			
<b>Controllo tensionale per la Combinazione Frequente</b>			
Momento sollecitante assunto in valore assoluto	$M_{Ed}$	19.7	[kNm]
Coefficiente di omogeneizzazione	$n$	15.0	[-]
Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$j$	450	[MPa]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	$b$	1000	[-]
Copriferro	$d'$	50	[kNm]
Altezza utile della sezione	$d'$	400	[kNm]
Area dell'armatura tesa	$A_s$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	$A's$	565	[mm <sup>2</sup> ]
Posizione dell'asse neutro	$x$	72.04	[mm]
Momento d'inerzia della sezione rispetto a x	$J$	1041081171	[mm <sup>4</sup> ]
<b>Tensione nel calcestruzzo</b>	<b><math>\sigma_c</math></b>	<b>1.36</b>	<b>[MPa]</b>
<b>Tensione nell'armatura tesa</b>	<b><math>\sigma_s</math></b>	<b>93.18</b>	<b>[MPa]</b>

## CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo	h	450	[mm]
Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo	b	1000	[mm]
Copriferro	d'	50	[mm]
Altezza utile della sezione	d	400	[mm]
Area dell'armatura tesa	A <sub>s</sub>	565	[mm <sup>2</sup> ]
Area dell'armatura compressa	A' <sub>s</sub>	565	[mm <sup>2</sup> ]
Distanza tra il bordo del cls e l'armatura	c	40	[mm]
Distanza tra i baricentri delle barre	s	200	[mm]
Distanza massima di riferimento tra le barre	S <sub>rif,max</sub>	230	[mm]

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente</b>	<b>M<sub>Ed,q.p.</sub></b>	<b>19.72</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	72.04	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	93.18	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	125	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	125000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.00452	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0.000907	[-]
		0.000280	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	12.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5	[-]
	k <sub>3</sub>	3.4	[-]
	k <sub>4</sub>	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	586.94	[mm]
		586.94	[mm]

<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1641</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.3</b>	<b>[mm]</b>

### Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente

<b>Momento sollecitante per la combinazione Frequente</b>	<b>M<sub>Ed,freq.</sub></b>	<b>19.72</b>	<b>[kNm]</b>
Durata del carico		lunga	[-]
Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore	x	72.04	[mm]
Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub>	93.18	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub>	3.0	[MPa]
Fattore dipendente dalla durata del carico	k <sub>t</sub>	0.4	[-]
Altezza efficace	h <sub>c,eff</sub>	125	[mm]
Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura	A <sub>c,eff</sub>	125000	[mm <sup>2</sup> ]
Rapporto geometrico sull'area efficace	ρ <sub>p,eff</sub>	0.00452	[-]
Rapporto tra E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	α <sub>e</sub>	6.00	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo	ε <sub>sm</sub> - ε <sub>cm</sub>	-0.000907	[-]
		0.000280	[-]
Determinazione del diametro equivalente delle barre tese	φ <sub>eq</sub>	12.00	[mm]
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre	k <sub>1</sub>	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	k <sub>2</sub>	0.5	[-]
	k <sub>3</sub>	3.4	[-]
	k <sub>4</sub>	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure	S <sub>r,max</sub>	586.94	[mm]
		586.94	[mm]

<b>Ampiezza delle fessure</b>	<b>w<sub>k</sub></b>	<b>0.1641</b>	<b>[mm]</b>
<b>Ampiezza massima delle fessure</b>	<b>w<sub>max</sub></b>	<b>0.3</b>	<b>[mm]</b>